

基于遥感水边线的潮滩面积提取方法研究

张媛媛^{1,2},高志强¹,刘向阳^{2,3},许宁⁴

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所 烟台 264003;2. 中国科学院大学 北京 100049;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100049;4. 商丘师范学院 商丘 476000)

摘要:潮滩作为动态变化的后备土地资源,对其研究具有重要意义。文章以江苏省如东县为研究区,使用环境资源卫星(HJ1A/1B)影像为数据源,应用面向对象技术创建分类规则,实现批量半自动提取水边线,随后利用 DSAS 软件处理水边线集获得潮位点集,基于最外边界法实现高(低)潮位点的提取,进而获得潮滩范围,估算的如东县潮滩面积为 55 182 hm²。最后利用误差矩阵进行精度验证(Kappa 系数为 0.945)。结果表明:该方法对于潮滩面积提取具有适用性,无论在空间域还是时间域都具有一定的推广性。

关键词:遥感;水边线;面向对象;潮滩面积;误差矩阵

中图分类号:TP79;P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2018)03-0056-06

The Extraction Method of Tidal Flat Area Based on Remote Sensing Waterlines

ZHANG Yuanyuan^{1,2},GAO Zhiqiang¹,LIU Xiangyang^{2,3},XU Ning⁴

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research(YIC),Chinese Academy of Sciences(CAS),Yantai 264003, China;2. University of Chinese Academy of Sciences,Beijing 100049,China;3. Institute of Geography and Resources of the Chinese Academy of Sciences,Beijing 100049,China;4. Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000,China)

Abstract: Reclamation caused a significant dynamic change in tidal flat, as an unstable reserve land resource, tidal flat has important significance for its research. In order to realize the efficient extraction of the tidal flat information, this paper took Rudong county in Jiangsu province as the research area, using the HJ1A/1B images as the data source, on the basis of previous research experience and literature review, the paper chose the method of object-oriented classification as a semi-automatic extraction method to generate waterlines. Then waterlines were analyzed by DSAS software to obtain tide points, automatic extraction of outer boundary points were followed under the use of Python to determine the extent of tidal flats in 2014 of Rudong county, the extraction area was 55 182 hm², the confusion matrix was used to verify the accuracy and the result showed that the kappa coefficient is 0.945. The result showed an applicability and operability to extract tidal flat information from time and space domain.

Key words: Remote sensing, Waterline, Object-oriented classification, Tidal flat area, Error matrix

收稿日期:2017-07-31;修订日期:2018-02-02

作者简介:张媛媛,硕士,研究方向为数字海岸带及3D可视化研究

1 引言

潮滩是海陆交汇的敏感地带,是沿海城市发展重要的物质基础和后备资源,也是沿海地区生态安全体系不可或缺的部分^[1]。本文研究的潮滩范围介于平均大潮高潮线和平均大潮低潮线之间^[2],若采用传统的野外实地勘探的方式,依赖大量的人力物力,受勘探环境的影响大,不能保证数据的时空连续性且难以实现短周期的动态更新^[3]。而多平台以及多时相的遥感技术的出现为监测潮滩范围的动态变化提供了重要的途径^[4],目前应用于潮滩范围提取的研究方法有“八分潮算法”^[5]、“相同潮位对比法”^[6]、“相似三角形原理”等^[7],这些方法对于获取的影像成像时刻及影像分辨率要求较高,提取精度易受到潮汐风浪等外界突变因素干扰,本研究应用多时相的环境卫星数据,采用穷举法收集研究区遥感影像,基于遥感水边线技术实现潮滩面积提取,为潮滩动态监测及变化研究提供技术支持。

2 研究区概况及数据源

2.1 研究区概况

选取江苏省南通市如东县为研究区域,该区地处 $120^{\circ}42'E-121^{\circ}22'E, 32^{\circ}12'N-32^{\circ}36'N$,东北部濒临黄海,西北部毗邻海安县,南部毗邻南通市,境内地势平坦,岸线平直,长 106 km,占全省岸线总长的 1/9,海域面积辽阔,素有“黄金海岸”之称^[8]。

改革开放以来,如东县凭借地理位置优势以及政策红利,经济人口迅速增长,同时人地矛盾问题也日益加剧,而潮滩区域作为如东县重要的后备土地资源,无论科学利用还是合理规划都需要及时动态数据支持,基于此,选取该区为研究区实现如东县的潮滩面积提取研究。

2.2 数据源

本研究利用环境一号卫星(HJ-1A/B)影像数据作为主要数据源,环境一号卫星(HJ-1A/B)是我国自主发射的减灾防灾卫星,每颗卫星并排搭载两台 CCD 传感器,每台传感器有 3 个可见光波段和一个近红外波段,该数据具有良好的时空分辨率,空间分辨率为 30 m,时间分辨率为 2 d,可以保证数据的时空连续性,弥补 SPOT、Landsat TM 等影像的

低时间分辨率以及 MODIS 等低分辨率影像在地物信息显示方面的缺陷。从美国地址调查局官网上下载研究区 2014 年 Landsat8 OLI 影像,以此作为环境卫星影像几何校正的标准。

2.3 遥感数据预处理

由于环境卫星影像数据具有一定的几何畸变,所以参考研究区域 14 年 Landsat8 卫星影像,利用 ArcGIS10.0 软件采用 3 次卷积内插法对影像进行几何校正,每景影像在确保控制点选取均匀、定位清晰的前提下,使控制点数量在 20~30 个,保证均方根误差在 1 个像元之内,重采样输出采用最邻近法,重采样像元大小约为 30 m。

环境卫星影像有 4 个波段,为了保证影像具有最佳波段信息显示,选取波段组合顺序为 432,利用 Python 语言完成环境卫星影像的批量波段合成,之后进行图像镶嵌并且掩膜裁剪到研究区,以此实现批量处理,减轻工作量。

3 研究方法

本研究主要利用环境卫星影像(HJ1A/1B)数据,提取尽可能多的不同时刻的瞬时水边线,组合成水边线集合,通过处理水边线集最终得到高低潮线,以此实现潮滩面积的估算,内容主要包括水边线提取、潮滩范围提取和提取精度评价 3 个部分。

3.1 基于多期遥感数据的水边线提取

目前常用的提取水边线的方法包括目视解译、Canny 算子边缘检测法、阈值分割法和基于面向对象的方法等。其中面向对象的方法以 Ecognition 软件为平台,将目标影像按照经验尺度分割,基于分割对象的光谱、纹理和空间信息等特征进行地物分类提取,在一定程度上避免“椒盐现象”的出现^[9],利用该方法提取的水边线解译结果精度较高,软件自带算法可自动计算最佳阈值,减少人工干预,自动化程度高,算法透明,可实现重复分割分类操作,提高分类精度,且可实现批量处理,符合本研究的实验目的,因此本研究选用该方法建立规则集,将研究区域划分为海水和陆地,进而实现水边线的提取。

本方法基于环境卫星影像 4 个波段的特点以及研究区具体的波谱特征,结合前人的研究经验,进

行了面向对象分类方法的确定(图 1)。

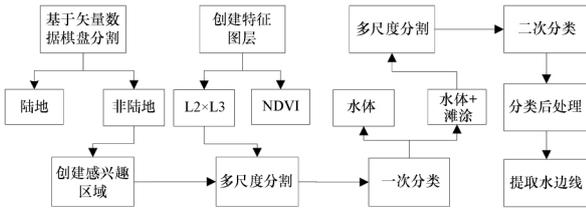


图 1 面向对象法水边线提取流程

3.1.1 创建感兴趣区域,实现多尺度分割

通过分析环境卫星影像 4 个波段的光谱特征发现,波段 2 和波段 3 对于区分海-陆有较好的效果,为了增强这两个波段的信息,采用这两个波段的乘积(L2×L3)作为光谱特征指标参与分割(图 2 和图 3)。通过多次实验验证,确定研究区的多尺度分割参数:分割尺度 25;形状因子权重 0.1;紧致度权重 0.8;波段 1、波段 4 分割权重为 1,波段 2、波段 3 分割权重 2,红绿波段乘积的分割权重为 1。

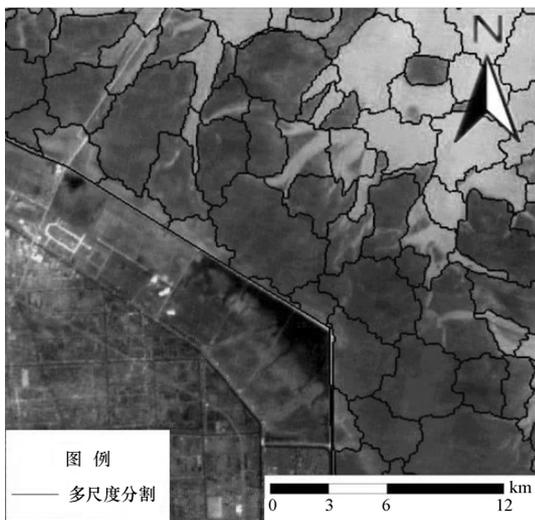


图 2 组合波段 L2×L3 不参与分割

3.1.2 基于知识的规则集创建及水边线提取

通过地物光谱分析发现,水体陆地在第二、三波段分界痕迹清晰,为增强这两个波段的光谱信息,通过乘法运算构建新组合波段 L2×L3,利用 Ecognition 软件中的 automatic threshold 算法得到 NDVI 和 L2×L3 光谱指数层的最佳阈值,通过模糊阈值分类得到海水以及海水潮滩两部分(图 4)。

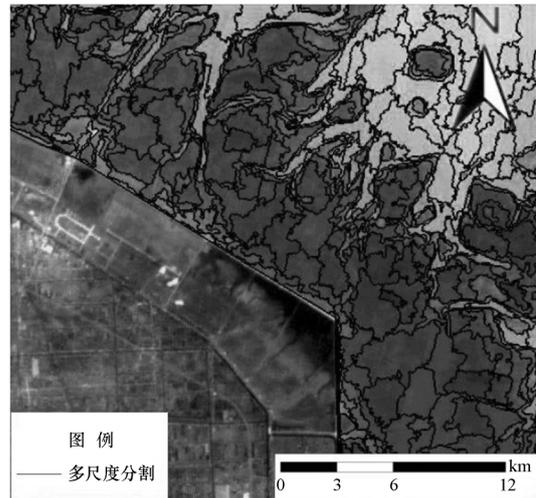


图 3 组合波段 L2×L3 参与分割

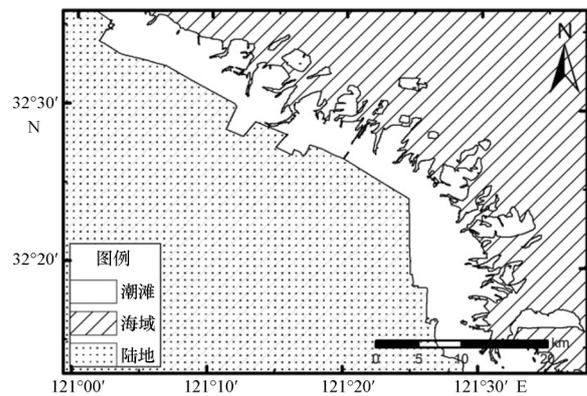


图 4 水体滩涂分类结果

对后者二次分割(尺度 10,其余参数同一次分割)循环第一次分类步骤,最终实现水体和潮滩的分离,最后将分类结果导入 ArcGIS 中,进行后续处理,提取水边线(图 5)。

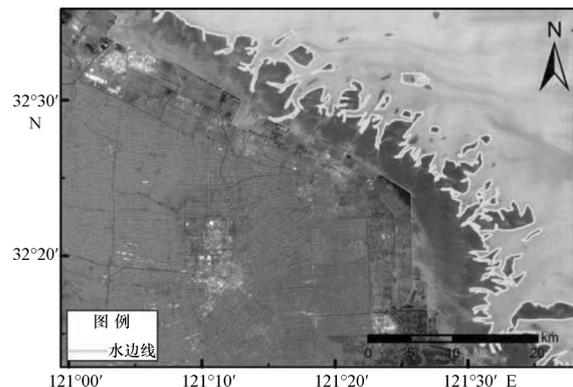


图 5 水边线提取结果

3.2 研究区潮滩范围提取

潮滩是平均大潮高潮线与平均大潮低潮线间的周期性潮汐作用下的潮侵地带,研究选取最外边界线来界定,即将水边线最外边界通过计算机自动获得,选取水边线集合中最靠近陆地的外界线作为平均大潮高潮线,选取集合中最靠近海洋的一侧作为平均大潮低潮线,规定两者间的区域为潮滩^[10],图 6 为提取流程。

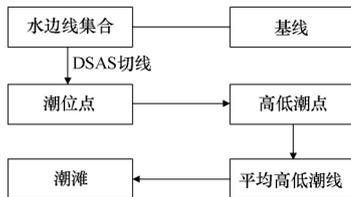


图 6 研究区潮滩范围提取流程

3.2.1 获得潮位点集

受风浪潮汐的作用及地形坡度等因素的影响,不同时刻下获得的水边线之间会有交叉现象,集合中的水边线数量越多,交叉现象就越复杂,单纯通过目视解译的方法从水边线集合中提取最外边界就变得繁琐、耗时,提取结果受人干扰大,缺乏客观严谨性,因此研究引入数字岸线分析系统(Digital Shoreline Analysis System, DSAS)功能模块,将研究对象由水边线集合简化为潮位点集合。

DSAS 功能模块是 ArcGIS 平台下开发的扩展模块,用于岸线时空分布变化研究^[11],通过该模块可将研究区水边线集进行分区处理,即将水边线集沿预先绘制的岸线做垂线,垂线间隔可自由设定,通过反复测试设定研究间隔为 300 m,垂线长度要保证每一条垂线与水边线集合中的线元素都有交点,该交点即表示影像过境时刻在这个垂线剖面上潮位点位置,研究区获得可用水边线 30 条,即每条垂线都对应 30 个不同时刻不同潮位的潮位点。

3.2.2 获得高低潮线,计算研究区潮滩面积

通过 DSAS 功能模块下的统计分析功能输出垂线和水边线的交点数据(潮位点),该交点数据是带有地理坐标及距离等属性字段的点集,其中距离属性表示每一个潮位点距离岸线长度,通过 Python 编程对每条垂线上潮位点所对应的距离属性值分

析,自动筛选获得最大和最小距离的潮位点——高(低)潮点,最后将提取结果导入 ArcGIS,手动连接即获得平均高低潮线,通过拓扑检查后利用线转面工具得到研究区潮滩空间区域(图 7)。

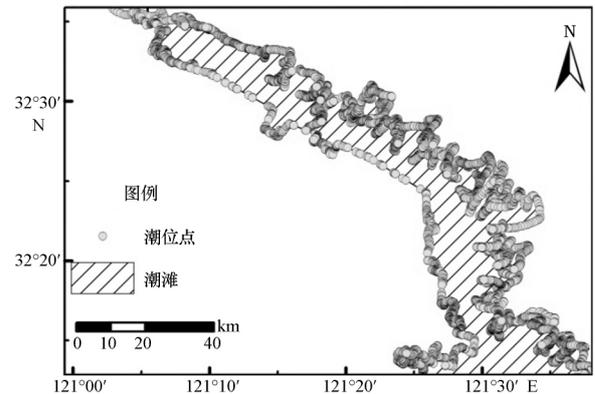


图 7 如东县潮滩提取结果

本研究结合 GIS 以及遥感技术,采用高时空分辨率的环境卫星影像,实现了江苏省如东县的潮滩范围的确定以及面积的估算,在 ArcGIS 软件的辅助下测得如东县 2014 年潮滩面积为 55 182 hm²,水边线集合中的水边线数量越多,提取结果越准确,与实际潮滩面积存量越吻合。

4 结果验证及分析

本研究基于面向对象的方法提取了研究区域的序列水边线,并进行了潮滩面积的计算。研究结果精度及结论分析如下。

4.1 构建潮滩面积提取的精度评价模型

精度评价是检验分类结果与地表真实信息吻合度的过程,以此来评价分类结果可信度。误差矩阵又称混淆矩阵,广泛应用于遥感土地利用分类精度评价,能简单地进行分类精度信息概括^[12],因此本研究采用该方法进行潮滩面积提取精度评价,具体操作流程见图 8。

4.1.1 构造研究区缓冲区、随机采样及样点解译

为使采样点分布区域合理、类别覆盖均匀,以提取的潮滩结果为中心做半径 5 km 缓冲区,作为提取结果精度评价的区域。鉴于简单随机采样统计效果较好、操作简单的特点,本研究采用此方法,利用 ArcGIS 软件中 Create Random Points 工具在研究区生成 300 个随机样点,最小间距设置为

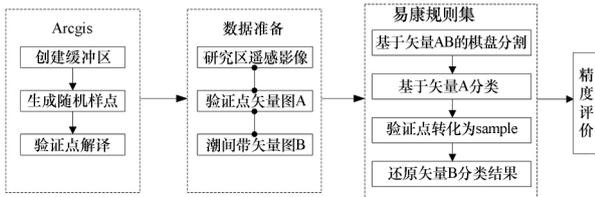


图 8 潮滩面积提取精度评价流程

100 m。采样点解译利用所有覆盖研究区的低潮影像,辅助 Google Earth 以及可获得的实测数据,将采样点解译结果分为潮滩和其他两类(图 9)。

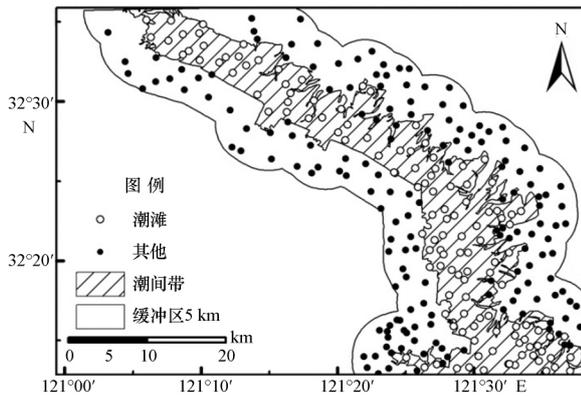


图 9 研究区采样结果

4.1.2 基于 Ecognition 的精度评价

本研究采用 Ecognition 中自带的精度评价模块实现误差矩阵的构建,将验证点以及潮滩最终提取结果的矢量数据连同研究区遥感影像导入 Ecognition 软件中,构造规则集,共包括 4 步:①利用 chessboard segmentation 算法实现基于矢量数据的棋盘分割;②利用 assignclassbythematiclayer 算法进行基于验证点的分类操作;③利用 classified image objects to samples 算法将验证点转化为 samples;④还原基于潮滩提取的分类结果。

基于上述操作,利用 Ecognition 软件 Accuracy Assessment 工具下的“Error Matrix based on Samples”选项即生成误差矩阵(表 1)。

4.2 潮滩面积精度评价分析

误差矩阵是一个 n 行 n 列的矩阵,矩阵列代表实际参考类别,矩阵行代表遥感分类类别,其评价指标有总体精度、用户精度和生产者精度、Kappa 系数^[13](研究区精度评价结果见表 2)。

表 1 潮滩面积提取精度评价误差矩阵

识别类型	实际类型		
	潮滩	其他	行总数
潮滩	122	1	123
其他	7	170	177
列总数	129	171	300

表 2 研究区分类精度评价结果汇总

类别	用户精度/%	生产者精度/%
潮滩	99.2	94.6
其他	96.0	99.4
总精度:97.3% Kappa 系数:0.945		

总体精度表示样本点的分类结果和对应地面参考点类型相一致的概率;用户精度分类结果中样本点的类别与地面实际类别相同的条件概率;生产者精度表示地面获得的实际资料参考点类别与分类结果中对应点类别相一致的条件概率;Kappa 系数是 1960 年由 Cohen 首先提出的一种应用于遥感影像分类结果评价的一致性检验方法,其值域为 $[-1,1]$,但通常落在 $[0,1]$,分类结果与实际类型越吻合 Kappa 系数的值越高(表 3)^[14]。

表 3 Kappa 系数分级评价标准

Kappa	一致性程度
<0.00	很差
$0.00\sim0.20$	微弱
$0.40\sim0.60$	适中
$0.60\sim0.80$	显著
$0.80\sim1.00$	最佳

由误差矩阵(表 1)来看共划分为潮滩分类样本的参考总数有 123 个,正确归类数为 122,1 个潮滩对应样点被错分为其他,还有 8 个其他类别样点被错分为潮滩。潮滩的生产者精度为 94.6%,说明分类的潮滩与参考类别的一致性较好,用户精度为 99.2%,研究区分类总精度为 97.3%,Kappa 系数为 0.945。通过 Kappa 精度评价表可知,分类精度最佳,表明本研究方法能够有效地提取如东县潮滩面积。

5 结论

本研究结合 GIS 以及遥感技术,采用高时空分辨率的环境卫星影像,通过提取序列水边线,实现了江苏省如东县的潮滩面积的估算,在前人研究经验的基础上,提出了一种改进的潮滩面积估算方法,取得的主要结论如下。

(1)本研究使用环境卫星影像作为主要数据源,确保了可用影像的质量和数量;通过 DSAS 软件将水边线集合细分为潮位点,从而将研究对象转换为点集,在此基础上基于 Python 语言实现了高(低)潮点的提取,最后从潮滩定义出发提取潮滩面积,基于以上改进的潮滩提取方法,实现研究区潮滩面积的估算,且经验证提取精度较高,对于研究区潮滩面积提取具有适用性。

(2)本研究所采用的数据源环境卫星时空分辨率良好而且数据获取免费,使得该方法无论在空间域还是时间域都具有一定的推广性。

参考文献

- [1] 时钟,陈吉余,虞志英. 中国淤泥质潮滩沉积研究的进展[J]. 地球科学进展,1996,11(6):555—562.
- [2] CHEN J Y, CHENG H Q, DAI Z J, et al. Harmonious development of utilization and protection of tidal flats and wetlands: a case study in Shanghai area[J]. China Ocean Engineering, 2008, 22(4): 649—662.
- [3] 郑宗生. 长江口淤泥质潮滩高程遥感定量反演及冲淤演变分析[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [4] 梅安新,彭望碌. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [5] 张春桂. MODIS 遥感数据在福建省海岸带滩涂资源监测中的应用研究[J]. 海洋学报,2007,29(7):51—59.
- [6] 王小丹,方成,康慧. 曹妃甸地区潮间带演变的遥感监测[J]. 海洋通报,2014,33(5):559—565.
- [7] 王小龙,张杰,初佳兰. 基于光学遥感的海岛潮间带和湿地信息提取:以东沙岛(礁)为例[J]. 海洋科学进展,2005,23(4):477—451.
- [8] 李新. 如东县滩涂资源可持续利用研究[J]. 苏州科技学院学报,2004,21(4):8—12.
- [9] 岁秀珍,阮仁宗,马荣华,等. 面向对象的多尺度水体信息提取[J]. 地理空间信息,2012,10(6):72—76.
- [10] 梁建. 基于 HY-1B CZI 数据的海岸带监测系统及应用:以黄河河口为示范区[D]. 青岛:国家海洋局第一海洋研究所,2010.
- [11] THIELER E R, HIMMELSTOSS E A, ZICHICHI J L, et al. Digital shoreline analysis system(DSAS) version 4. 0: an ArcGIS extension for calculating shoreline change; Open-File Report 2008—1278 current version 4. 3[R]. U. S. Geological Survey, 2009.
- [12] 丁志磊,王志一,徐素宁. 苏北淤泥质海岸线提取及精度检验[J]. 南水北调与水利科技,2014,12(8):140—144.
- [13] FOODY G M. Status of land cover classification accuracy assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 185—201.
- [14] CONGALTON R G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 37(1): 35—46.